

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИРКОНА И РУТИЛА В КИАНИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ (КОКЧЕТАВСКИЙ МАССИВ)

Щепетова О.В.¹, Михайленко Д.С.¹, Резвухин Д.И.¹, Замятин Д.А.², Корсаков А.В.¹

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, olgashchepetova@igm.nsc.ru

²Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург

Находки реликтов высокобарических фаз коэсита [Chopin, 1984; Smith, 1984] и алмаза [Sobolev&Shatsky, 1990] в коровых породах сверхвысоких давлений изменили представление ученых о процессах, происходящих в зонах субдукции. Доминирующая модель образования комплексов сверхвысоких давлений - это погружение пород на глубины >120 километров в ходе субдукции и последующая эксгумация на дневную поверхность. Характерной чертой, присущей высокотемпературным комплексам сверхвысоких давлений, является отсутствие прогрессивной части РТt-тренда, «стертой» в процессе ретроградного метаморфизма. Кокчетавский массив является уникальным природным объектом, позволяющим проследить эволюцию пород континентальной коры в зонах субдукции (глубины >120 км). Данный массив представляет собой зону мегамеланжа, которая разделена Чаглинской зоной разломов на два основных блока: Кумдыкольский (алмазная субфация - 4-6 ГПа, 900-1000°C) и Кулетский (коэситовая субфация - 3.8 ГПа, 800°C). Всего в Кокчетавской субдукци-

онно-колизийной зоне выделяется пять террейнов: Кумдыкольский, Барчинский, Энбек-Берлык, Сулу-Тюбе и Кулет [Добрецов и др., 2006]. Цель работы заключается в исследовании акцессорных минералов рутила и циркона из алмазоносных кианитсодержащих пород для реконструкции их метаморфической эволюции. Для химического анализа рутила были использованы растровый сканирующий электронный микроскоп TESCAN MIRA 3LMU с ЭДС системой химического анализа INCA Energy 450 XMax 80 (Oxford Instruments) и рентгеноспектральный микроанализатор JEOL JXA-8100 (ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН). Интервалы накопления спектра - 20 и 10 секунд, при силе тока 1.5 нА, 50-100 нА, соответственно, и ускоряющем напряжении 20 кВ. Определение концентрации Ti в цирконе выполнено на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100 (ЦКП Геоаналитик, ИГТ УрО РАН), оснащенном пятью волновыми спектрометрами. Ti регистрировался одновременно на четырех спектрометрах с использованием кристаллов-анализаторов

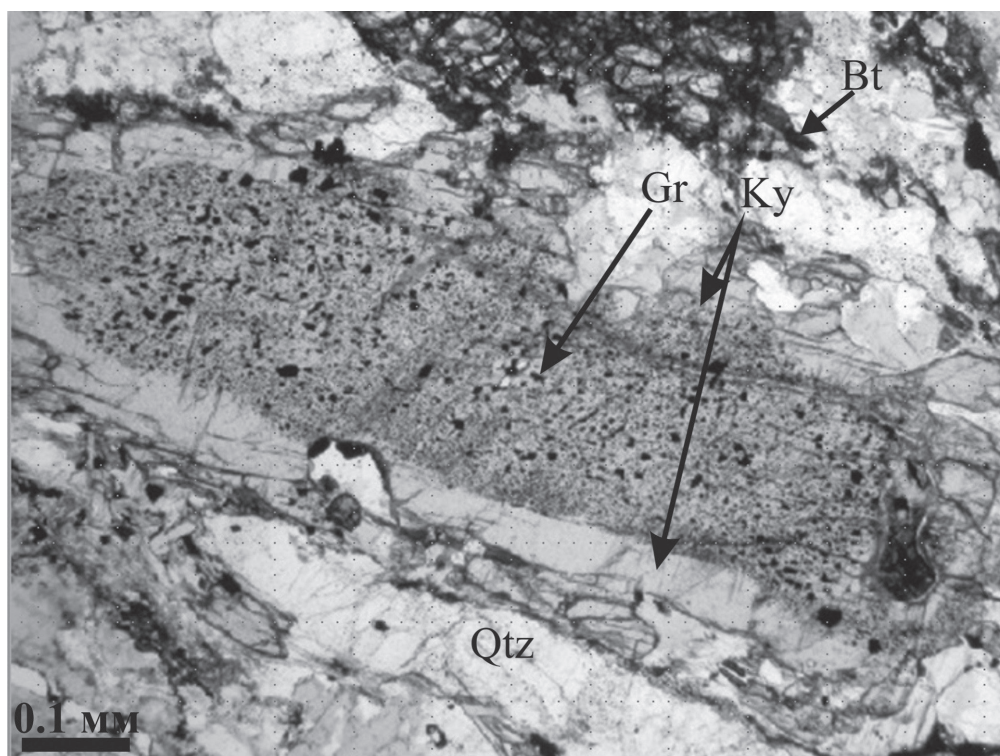


Рис. 1. Зональный порфиробласт кианита с кварц-графитовым ядром и чистой каймой, содержащей кубиктаэдрические кристаллы алмаза

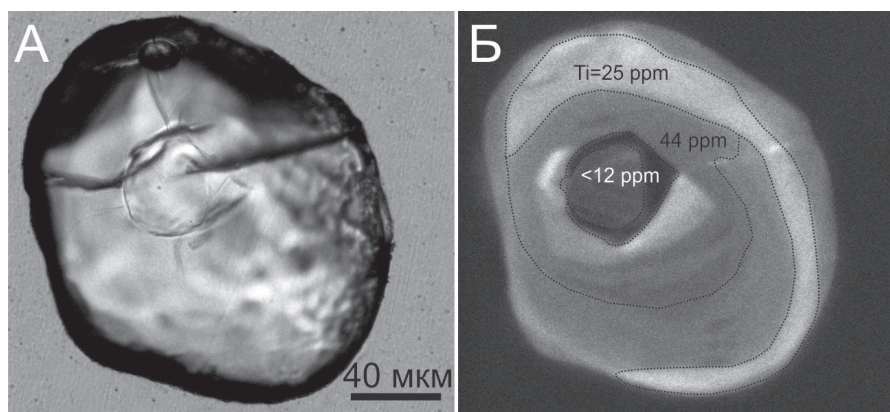


Рис. 2. Фотография зерна циркона в проходящем свете (А) и CL – изображение (Б) с отдельными доменами по содержанию титана

РЕТ и LPET. Ускоряющее напряжение составляло 15 кВ, ток - 200 нА. Достигнут предел обнаружения Ti в цирконе - 12 ppm. Панхроматические CL - изображения зерен циркона получены с использованием силы тока 4 нА.

Алмазоносные кианитовые гнейсы, обнаруженные на юго-западном продолжении участка Барчинский (участок Новый Барчинский) [Shatsky et al., 2005], являются наиболее распространенным типом пород на этом участке. Кианитовые гнейсы состоят из крупных порфиробластов граната и кианита, окруженных кварц-полевошпат-слюдяным матриксом. Акцессорные минералы - апатит, циркон, рутил, графит, монацит, алланит, дюмортьерит, барит, сидерит, магнетит, пирит и реликты высокобарических фаз - алмаз и коэсит. Порфиробласты кианита (до 1 см) имеют зональное распределение полиморфных модификаций углерода, с отчетливо выраженными кварц-графитовым ядром и чистой каймой, содержащей лишь кубоктаэдрические кристаллы алмаза (рис.1). Сrostки алмаза, обнаруженные в богатом графитом ядре, свидетельствуют о том, что данная зональность не является прогрессивной.

Гранат представлен крупными порфиробластами (до 3 мм), а также включениями в кианите и цирконе (до 300 мкм). Все гранаты представлены твердыми растворами пироп-гроссуляр-альмандинового состава. Содержание MnO невелико, и составляет 1-2%. Изученные порфиробласты гранатов практически незональны - имеют гомогенное ядро ($\text{Alm}_{59}\text{Grs}_{20}\text{Prp}_{21}\text{Sps}_1$). Зональность проявляется лишь в узких каймах, что выражается в увеличении и сопряженном уменьшении содержаний альмандинового и гроссулярового миналов, соответственно ($\text{Alm}_{61}\text{Grs}_{18}\text{Prp}_{21}\text{Sps}_1$). Слюды представлены биотитом и фенгитом и широко распространены в кианитовых гнейсах. В фенгите количество Si варьирует в пределах одного образца, от 3.18 до 3.37 формульных единиц (ф.е.). Содержание

Ti от 0.02 до 0.12 ф.е., Fe - до 0.27 ф.е. Зональность в пределах одного зерна отсутствует. Фенгит часто замещен биотитом, в котором содержание Si от 2.78 до 2.87 ф.е., Ti от 0.11 до 0.22 ф.е.. Калиевый полевошпат установлен в матриксе пород и в виде включений в кианите. Усредненный состав - 86% калиевого полевого шпата, 12% альбита и 2% анортита.

Экспериментальные исследования в системе SiO_2 - TiO_2 - ZrO_2 показали, что растворимости ZrO_2 в рутиле и TiO_2 в цирконе зависят от температуры и могут быть использованы как геотермометры, в случае наличия ассоциации рутил+циркон+кварц (коэсит) [Watson et al., 2006; Tomkins et al., 2007]. В кианитовых гнейсах участка Новый Барчинский рутил и циркон являются распространенными минералами, идентифицированными как в матриксе пород, так и в виде включений в кианите и гранате в ассоциации с алмазом. Для оценки температур пика метаморфизма по геотермометру Томкинса с соавторами [Tomkins et al., 2007] были измерены содержания Zr в рутиле (зональность отсутствует). Максимальное содержание Zr - 910 ppm, что свидетельствует о температурах до 940°C, с учетом поправки Степанова с соавторами [Stepanov et al., 2016]. Исследование циркона методами катодолуминесценции и рентгеноспектрального микроанализа позволило выявить его зональное строение (рис.2) и выделить следующие домены: (1) темное ядро, в котором содержание Ti находится ниже предела обнаружения; (2) темно-серая мантия, с содержанием Ti ~12-40 ppm; (3) светло-серая краевая зона, в которой содержание Ti достигает 64 ppm. В отдельных зернах циркона обнаружена «пятнистость», препятствующая отнесению к определенному типу доменов (ядро, мантия, кайма). В цирконах с пятнистой зональностью содержание Ti варьирует от значений ниже предела обнаружения до 67 ppm. По геотермометру Ватсона с соавторами [Watson et al., 2006], получены оценки температур для различных доменов

зерен циркона. Низкие содержания титана (<12 ppm) свидетельствуют о температурах образования ниже 760°C . Температуры образования мантии циркона варьируют в интервале 760 - 880°C . Максимальные температуры 940°C получены в краевых частях и отдельных зонах в цирконах с «пятнистой» зональностью. Вероятно, центральные части зерен циркона имеют детритовое происхождение, что согласуется с предшествующими данными [Claoue-Long et al., 1991]. Образование мантии и краевых частей циркона происходило в ходе дальнейшей метаморфической эволюции пород.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект №0330-2016-0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добрецов, Н.Л., Буслов, М.М., Жимулев, Ф.И., Травин, А.В., Заячковский, А.А. Венд-раннеордовикская геодинамическая эволюция и модель эксгумации пород сверхвысоких и высоких давлений Кокчетавской субдукционно-коллизийной зоны (Северный Казахстан)//Геология и геофизика. 2006. Т. 47(4). С. 428-444.
2. Chopin, C. Coesite and pure pyrope in high-grade blueschists of the Western Alps: a first record and some consequences//Contributions to Mineralogy and Petrology. 1984. V.86(2). P. 107-118.
3. Claoue-Long, J. C., Sobolev, N. V., Shatsky, V. S., Sobolev, A. V. Zircon response to diamond-pressure metamorphism in the Kokchetav massif, USSR//Geology. 1991. V.19(7). P. 710-713.
4. Shatsky, V. S., Pal'yanov, Y. N., Sokol, A. G., Tomilenko, A. A., Sobolev, N. V. Diamond formation in UHP dolomite marbles and garnet-pyroxene rocks of the Kokchetav massif, northern Kazakhstan: natural and experimental evidence//International Geology Review. 2005. V.47(10). P. 999-1010.
5. Sobolev, N. V., Shatsky, V. S. Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment for diamond formation//Nature. 1990. V.343(6260). P. 742.
6. Stepanov, A. S., Rubatto, D., Hermann, J., Korsakov, A. V. Contrasting PT paths within the Barchi-Kol UHP terrain (Kokchetav Complex): Implications for subduction and exhumation of continental crust//American mineralogist. 2016. V.101(4). P. 788-807.
7. Smith D.C. Coesite in clinopyroxene in the Caledonides and its implications for geodynamics//Nature. 1984. V.310(5979). P. 641-644.
8. Theunissen, K., Dobretsov, N. L., Korsakov, A.V., Travin, A., Shatsky, V. S., Smirnova, L., Boven, A. Two contrasting petrotectonic domains in the Kokchetav megamélange (north Kazakhstan): Difference in exhumation mechanisms of ultrahigh-pressure crustal rocks, or a result of subsequent deformation?//Island Arc. 2000. V.9(3). P. 284-303.
9. Tomkins, H. S., Powell, R., Ellis, D. J. The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer//Journal of metamorphic Geology. 2007. V.25(6). P. 703-713.
10. Watson, E. B., Wark, D. A., Thomas, J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile//Contributions to Mineralogy and Petrology. 2006. V.151(4). P. 413.